

FORMATION OF RESIST PATTERN AND PRODUCTION OF SEMICONDUCTOR DEVICE EMPLOYING IT

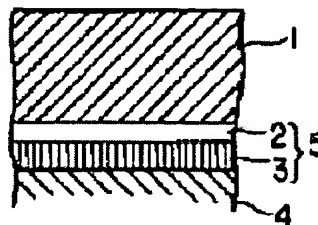
Publication number: JP9171952
Publication date: 1997-06-30
Inventor: SATO YASUHIKO; ASANO MASASHI; ITO SHINICHI
Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO
Classification:
- international: **H01L21/027; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/027**
- European:
Application number: JP19950333324 19951221
Priority number(s): JP19950333324 19951221

[Report a data error here](#)

Abstract of JP9171952

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the machining accuracy of a work by suppressing the reflection of exposing light from the work side to the resist side as much as possible and increasing the total exposing light absorption efficiency of anti-reflection film thereby making thin the anti-reflection film sufficiently.

SOLUTION: An anti-reflection film 5 and a resist 1 are formed sequentially on a work and then the resist 1 is subjected to selective exposure and development thus forming a resist pattern. Extinction coefficient of the anti-reflection film 5 at the wavelength of exposing light is set to prevent reflection of exposing light on the interface between the resist 1 and anti-reflection film 5 and to increase from the interface to resist toward the interface to work.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-171952

(43) 公開日 平成9年(1997)6月30日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 7 4

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平7-333324

(22) 出願日 平成7年(1995)12月21日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 佐藤 康彦

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 浅野 昌史

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 伊藤 信一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

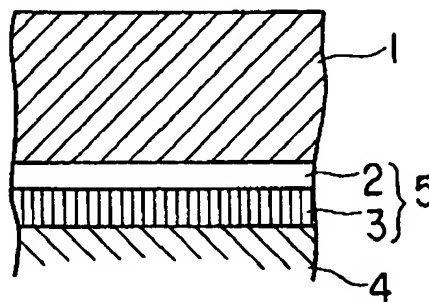
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 レジストパターン形成方法及びそのレジストパターン形成方法を用いた半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 被加工物側からレジスト側への露光光の反射を極力押さえ、かつ、反射防止膜全体での露光光吸収効率を高くして反射防止膜を十分に薄くして、被加工物に対する加工精度を向上させる。

【解決手段】 被加工物上に反射防止膜、レジストを順次形成し、レジストを選択的に露光、現像を行いレジストパターンを形成するレジストパターン形成方法において、レジストと反射防止膜との界面における当該反射防止膜の露光波長に対する消衰係数を界面での露光光反射を防止する大きさとし、かつ、当該反射防止膜の消衰係数をレジストとの界面側から被加工物との界面側に向けて増大するように設定するレジストパターン形成方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被加工物上に反射防止膜、レジストを順次形成し、前記レジストを選択的に露光、現像を行いレジストパターンを形成するレジストパターン形成方法において、

当該反射防止膜の消衰係数を前記レジストとの界面側から前記被加工物との界面側に向って増大するように設定することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項2】 前記反射防止膜の消衰係数を前記レジストとの界面側から前記被加工物との界面側に向って連続的に増大するような部分を少なくとも設けることを特徴とする請求項1記載のレジストパターン形成方法。

【請求項3】 被加工物上に反射防止膜、レジストを順次形成し、前記レジストを選択的に露光、現像を行いレジストパターンを形成するレジストパターン形成方法において、

前記反射防止膜は、前記レジストと接する第1の膜と、前記被加工物と接する第2の膜との少なくとも2層からなり、

前記第1の膜は、前記レジストと前記反射防止膜との界面における当該反射防止膜の露光波長に対する消衰係数を、前記露光波長に対して吸収性を有し、かつ前記界面での露光光反射を防止する大きさとし、

前記第2の膜は、前記第1の膜よりも前記露光波長に対する吸収性が高い膜とすることを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項4】 前記第1の膜の厚さと前記第2の膜の厚さの組み合わせの中で、露光光の前記レジスト側への戻りが極小となり、かつ、反射防止膜全体の厚さを最も薄くする前記組み合わせを選択することを特徴とする請求項3記載のレジストパターン形成方法。

【請求項5】 請求項1乃至4のうち、何れか1項記載のレジストパターン形成方法を用いた半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレジストパターン形成方法及びそのレジストパターン形成方法を用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子の製造方法においては、シリコンウェハー上に複数の物質を堆積し、所望のパターンにパターニングする工程を多く含んでいる。このパターニング工程は、まず、シリコンウェハー上に形成された絶縁体、導体、半導体薄膜上にフォトリソ膜をスパインコーティング法等により形成し、選択的にフォトリソ膜を露光した後、現像工程を経てレジストパターンを形成する。さらにこのレジストパターンをエッチングマスクとして基板上に形成された被加工物である絶縁体、導体、半導体薄膜をエッチングすることにより、微細な配

線や開孔等を所望のパターンに加工することによってなされる。

【0003】この工程においては、レジストパターンの寸法を高精度で制御することが重要である。しかし、実際には、露光光に対して高い反射率を有する基板上のパターン形成工程において、レジストパターンの側壁がレジスト膜中で発生した定在波のために波打ち形状となったり、基板段差部からの反射光的作用によって局所的なレジスト寸法の変動やプロファイルの劣化が生じる場合がある。

【0004】また、レジスト直下に露光光に対して比較的透明な珪素酸化物や珪素窒化物が存在する場合には、露光光はこれらの膜中で多重反射する。それゆえ、これらの膜厚が変動すると上記多重反射の振る舞いがある影響を受ける。その結果、実質的にレジスト層に与えられる光エネルギーの量が変動し、レジスト寸法の制御性に重大な影響を及ぼす。

【0005】さらには、レジスト膜中でも多重反射がおこるためレジスト膜厚の変動がある場合にはやはり寸法変動に大きな影響を及ぼす。上記の問題を解決するために、レジストと基板との間に反射防止膜を形成する方法が採られている。この方法では、基板と反射防止膜との界面で反射した光とレジストと反射防止膜との界面で反射した光を反射防止膜による露光光の吸収と位相の反転により打ち消すことで、再度レジスト層に反射する光の強度を著しく弱めることができ、基板段差からの露光光の反射やレジスト膜厚の変動に伴うレジストの寸法変動やプロファイルの劣化を低減することができる。

【0006】一方、下地が透明膜の場合、透明膜の膜厚変動に対するレジストパターンの寸法変動を防ぐためには、反射防止膜中で露光光を吸収し透明膜に入射する露光光の強度を可能な限り減じる必要がある。露光波長に対する消衰係数が k の膜中で強度 I の光が x だけ進んだ時、強度は $I \exp(-4\pi kx/\lambda)$ に減じられる。従って、露光光に対する消衰係数 k と反射防止膜の膜厚 d のいずれかの変数を大きくすることで、反射防止膜中で吸収される光強度は増大し、透明膜まで到達できる光を減じせしめることができる。

【0007】ところで、反射防止膜の膜厚は薄い方が反射防止膜のエッチング時に生じる寸法変換差及びレジスト削れが小さく所望の寸法に加工すべき被加工物の寸法精度を向上させることができるため、反射防止膜の膜厚を厚くすることは好ましくない。従って、このような場合には透明膜に到達する光強度を可能な限り抑え、かつ反射防止膜を薄膜化するには、消衰係数 k を大きくする方が好ましい。

【0008】しかしながら、レジスト反射防止膜界面での光反射率 R は、反射防止膜内で光が吸収され下地基板に光が到達しない時、レジストと反射防止膜の露光波長での複素屈折率をそれぞれ $n + ik$ 、 $n_1 + ik_1$ とす

ると、(1)式のように表すことができ、

$$R = \frac{(n - n_1)^2 + (k - k_1)^2}{(n + n_1)^2 + (k + k_1)^2} \quad \dots (1)$$

反射防止膜の消衰係数 k を大きくしすぎると、結果的に光反射率 R が大きくなり、レジストの膜厚変動に対してレジストパターンの寸法変動が顕著になるという問題が生じる。

【0009】つまり、これは反射防止膜を用いないときに被加工物の光反射率が高いとレジストパターン寸法の変動量が大きくなるという問題に帰結し、当該問題にはいくつかの報告（例えばT. A. Brunner, SPIE, Vol. 1466, p. 297-308）があるのでここでは細述しないが、これはレジスト膜内での定在波発生によって、レジスト膜厚の変化に対する露光光の吸収分率が波打ち状に変化することによるものである。

【0010】以上のことから、レジスト及び被加工物内に発生する定在波の抑制と反射防止膜の薄膜化の要請を同時に満たす材料を選定するのは困難である。また、反射防止膜の材料としては、プラズマ分解型のポリサルホン等の樹脂に露光波長を吸収するクマリン、クルクミン等の染料を加えたスピコーティング法により成膜が可能な反射防止膜が特開昭59-93448等に開示されている。これら有機化合物からなる反射防止膜では、露光波長に対する複素屈折率の値が、例えばエキシマレーザー光の波長（ $\lambda = 248 \text{ nm}$ ）では屈折率が1.5から1.9、消衰係数が0から0.4程度と狭い範囲に限られており、被加工物内での多重反射を抑えるために反射防止膜の膜厚が厚くなるという問題が生じる。

【0011】また、反射防止膜を構成する有機化合物の種類によってレジストパターンの反射防止膜の界面付近の形状が顕著に変化するため、良好なレジストプロファイルと反射防止効果の高い複素屈折率の相方を満たす材料を見い出すことが難しかった。

【0012】一方、特開平4-234109では、反射防止膜が少なくとも被加工物上に接して露光光を吸収する層と、レジストの直下に接して反射光の定在波を生じさせる緩衝層とからなることを特徴とする反射防止方法が開示されている。しかしながら、本方法では緩衝層の露光波長に対する消衰係数が0.005程度の透明膜であるため、露光光に対する吸収を十分に確保するためには、緩衝層を有する分だけ反射防止膜全体として厚くならざるを得ない。

【0013】また、消衰係数が極端に小さい透明膜を用いる関係上、当該透明膜（緩衝膜）と吸収層との間で、露光光が反射し、その反射光はレジスト内に戻ることを得ない。

【0014】したがって、特開平4-234109の場合であっても、状況に対応して十分薄い反射防止膜を実現し、かつ、レジストに戻る光反射を十分に抑えることができないものと考えられる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】以上のことから、従来の反射防止膜の問題点をまとめると次の通りである。反射防止膜が単層である場合、レジストに対する被加工物からの光の戻りを十分に押さえるためには、反射防止膜を厚くする必要があり、これでは、細微な加工を行うに当たって十分な加工精度を得られない。一方、反射防止膜を薄くすると、上記被加工物からの光の戻りが大きくなり、レジスト膜のパターン寸法の変動量が大きくなる。

【0016】また、薄い反射防止膜により被加工物からの光の戻りを押さえるために、単に消衰係数 k を大きくして反射防止膜内での吸収を大きくしようとする、

(1)式より今度はレジスト・反射防止膜界面での光反射が大きくなり、やはりレジスト膜のパターン寸法の変動量が大きくなる。

【0017】さらに、反射防止膜を多層にした場合、反射防止膜全体として厚いものとなる。また、反射防止膜内の各層間での反射により、レジスト側に反射光が戻ることを得ない。

【0018】本発明は、このような実情を考慮してなされたもので、被加工物側からレジスト側への露光光の反射を極力押さえ、かつ、反射防止膜全体での露光光吸収効率を高くして反射防止膜を十分に薄くすることを可能とし、これらにより被加工物の加工精度の高いレジストパターン形成方法及びそのレジストパターン形成方法を用いた半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1に対応する発明は、被加工物上に反射防止膜、レジストを順次形成し、レジストを選択的に露光、現像を行いレジストパターンを形成するレジストパターン形成方法において、レジストと反射防止膜との界面における当該反射防止膜の露光波長に対する消衰係数を界面での露光光反射を防止する大きさとし、かつ、当該反射防止膜の消衰係数をレジストとの界面側から被加工物との界面側に向って増大するように設定するレジストパターン形成方法である。

【0020】また、請求項2に対応する発明は、請求項1に対応する発明において、反射防止膜の消衰係数をレジストとの界面側から被加工物との界面側に向って連続的に増大するような部分を少なくとも設けるレジストパターン形成方法である。

【0021】さらに、請求項3に対応する発明は、被加工物上に反射防止膜、レジストを順次形成し、レジストを選択的に露光、現像を行いレジストパターンを形成す

るレジストパターン形成方法において、反射防止膜は、レジストと接する第1の膜と、被加工物と接する第2の膜との少なくとも2層からなり、第1の膜は、レジストと反射防止膜との界面における当該反射防止膜の露光波長に対する消衰係数を、露光波長に対して吸収性を有し、かつ界面での露光光反射を防止する大きさとし、第2の膜は、第1の膜よりも露光波長に対する吸収性が高い膜とするレジストパターン形成方法である。

【0022】次に、請求項4に対応する発明は、請求項3に対応する発明において、第1の膜の厚さと第2の膜の厚さの組み合わせの中で、露光光のレジスト側への戻りが極小となり、かつ、反射防止膜全体の厚さを最も薄くする組み合わせを選択するレジストパターン形成方法である。

【0023】また、請求項5に対応する発明は、請求項1～4のうち、何れか一項記載のレジストパターン形成方法を用いた半導体装置の製造方法である。したがって、まず、請求項1に対応する発明のレジストパターン形成方法においては、被加工物上に反射防止膜を用いる形式のレジストパターン形成方法を取り扱っている。

【0024】ここで、レジストと反射防止膜との界面における当該反射防止膜の露光波長に対する消衰係数を界面での露光光反射を防止できる大きさとし、この段階でのレジストへの露光光の戻りを確実に防止している。

【0025】さらに、当該反射防止膜の消衰係数をレジストとの界面側から被加工物との界面側に向かって増大するように設定し、反射防止膜内での露光光の吸収を十分に行って、被加工物の影響によりレジスト側に露光光の戻り状況があっても、反射防止膜内での吸収で、レジスト側への戻りを極力少なくしている。

【0026】また、消衰係数が被加工物側に向かって増大することから、反射防止膜全体での露光光吸収効率が高く、反射防止膜を十分に薄くことができる。したがって、上記両者の効果により被加工物の加工精度を高くし、被加工物の種類や各種膜厚変動にかかわらず、レジストパターンの寸法変動を抑えることが可能となる。

【0027】なお消衰係数を変化させる方法の例としては、反射防止膜を消衰係数の異なる複数層の膜をスピンコーティング法、蒸着法、スパッター法、CVD法等の物理的成膜方法で被加工物上に順次形成していく方法、物理的成膜方法で成膜を行う際に基板温度、ガスの流量等の成膜条件を時間と共に変化させる方法、或は反射防止膜の成膜後、光照射、プラズマ照射、熱の照射、化学処理等を行い膜厚方向に物性の変化を持たせる方法、反射防止膜の成膜時に露光波長を吸収する染料等に膜厚方向で分布をもたせる方法等があるが特に限定させることはない。

【0028】また、レジストとの界面側での反射防止膜の消衰係数は、被加工物側の消衰係数と比べて、複素屈折率の膜厚方向での分布を調節することで、被加工物の

表面からレジストへ反射する光強度を減衰させることが可能である。

【0029】つまり、反射防止膜の膜厚方向での複素屈折率の分布は、例えば多層膜中の多重反射をも考慮した計算によりレジストと反射防止膜界面での光反射率や透過率の計算を行い決定すればよい。

【0030】このようにすれば、単純に消衰係数の増大による露光光吸収効果以上の反射防止効果を期待できる。なお、かかる計算の方法は、P. H. Berning: Physics of Thin Film, Vol. 1, pp69-121 (1963), A. E. Brill & F. W. Spong: IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-14, pp487-95 (1978), K. Ohta & H. Isida: Applied Optics, Vol. 29, pp1952-1958 (1990) などに詳述されている方法で行うことができる。

【0031】また、請求項2に対応する発明のレジストパターン形成方法においては、請求項1に対応する発明と同様に作用する他、反射防止膜の消衰係数がレジストとの界面側から被加工物との界面側に向かって連続的に増大するような部分を少なくとも設けている。

【0032】このように反射防止膜を多層構造にせず、消衰係数を連続的に変化させることにより、反射防止膜内の反射を確実に防止することができる。つまり、なんらかの目的のために、反射防止膜を多層構造にした場合、従来技術でも説明した通り、その層間での反射により露光光がレジストに戻るという現象を生じる。これによりパターン寸法の変動量が大きくなる。この変動量の増加は、寸法精度が高くない場合にはあまり問題がないが、超細微な加工を行う場合には、このようなわずかなパターン寸法の変動も問題となり、上記層間での反射をも防止することが望ましい。

【0033】本請求項に対応する発明によれば、この反射防止膜内に層を設けなくて消衰係数を変化させるので、層間での反射が起こることもなく、その目的をより確実に達成することが可能である。

【0034】さらにまた、請求項3に対応する発明のレジストパターン形成方法においては、被加工物上に反射防止膜を用いる形式のレジストパターン形成方法を取り扱っている。

【0035】この、反射防止膜は、レジストと接する第1の膜と、被加工物と接する第2の膜との少なくとも2層からなっている。ここで、第1の膜は、レジストと反射防止膜との界面における当該反射防止膜の露光波長に対する消衰係数を界面での露光光反射を防止できる大きさとし、この段階でのレジストへの露光光の戻りを確実に防止するとともに、屈折率と消衰係数とからなる複素屈折率の値を調整することで、上記反射防止要件を満た

しつつ、その消衰係数を露光波長に対して吸収性を有する大きさとしている。

【0036】一方、第2の膜は、第1の膜よりも露光波長に対する吸収性が高い膜とし、第1、第2の膜の相乗効果により、反射防止膜内での露光光の吸収を十分に行って、被加工物の影響によりレジスト側に露光光の戻りの状況をあっても、反射防止膜内での吸収で、レジスト側への戻りを極力少なくしている。

【0037】また、このように反射防止膜全体での露光光吸収効率が高いことから、反射防止膜を十分に薄くことができる。また、仮に第1の膜、第2の膜界面等の反射防止膜内の層間での反射があった場合でも、第1の膜が露光光の吸収性を有するため、露光光のレジストへの戻りを十分に抑制することができる。

【0038】したがって、上記各効果により被加工物の加工精度を高くし、被加工物の種類や各種膜厚変動にかかわらず、レジストパターンの寸法変動を抑えることが可能となる。

【0039】なお、第1、第2の膜として使用する材料の例としては、高温で熱酸化された酸化ノボラック膜、ポリサルフォン、ポリアミド、ポリイミド等の官能基が露光波長を吸収するもの、或はこれらの樹脂やポリメチルメタクレート、ポリイソブチルケトン等のアラズマに分解しやすい樹脂に露光波長を吸収するクマリン、クルクミン等の染料を加えたもの、SiC、SiN、SiO、MoSi、TiN、カーボン膜、露光波長を吸収する染料を加えたSOG等が挙げられるが特に限定はされない。

【0040】また、この本発明のように反射防止膜が複数層からなる場合、それらの膜が同一エッチング条件で一度にエッチング除去できる材料で構成される方が望ましい。また、本請求項に対応する発明では、レジストの直下に形成された膜の消衰係数は、被加工物の直上に形成された膜の消衰係数より低く設定されているためレジストの直下に形成された膜の膜厚を調節することで、レジストの直下に形成された膜の表面と裏面での光の位相の相殺効果と吸収でレジスト膜中に被加工物から反射する光を減衰させることができる。

【0041】つまり、反射防止膜を構成する薄膜の膜厚は、多層膜中の多重反射を考慮した計算によりレジストと反射防止膜界面での光反射率や透過率を求め決定すれば、より効果的に露光光の反射を防止し、その効果が高い値の中から反射防止膜が薄くなるような膜厚の組み合わせを選択することができる。

【0042】つまり、請求項4に対応する発明のレジストパターン形成方法においては、請求項3に対応する発明と同様に作用する他、上記組み合わせの中で反射防止効果の高いものの中から反射防止膜全体の厚さが最も薄くなる組み合わせを選択している。

【0043】具体的には、第1の膜の厚さと第2の膜の

厚さの組み合わせの中で、露光光のレジスト側への戻りが極小となるものを選択している。なお、いうまでもないが、ここで極小というのは、極小値となる点そのもの指すのではなく、極小値付近における反射防止効果の高い領域を指している。

【0044】また、請求項5に対応する発明に対応する半導体装置の製造方法においては、請求項1～4の何れかに対応するレジストパターン形成方法を用いているので、被加工物の加工精度のすぐれた半導体装置の製造方法を提供できる。

【0045】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

（発明の第1の実施の形態）図1は本発明の第1の実施の形態に係るレジストパターン形成方法を適用したレジストパターンの一例を示す構成図である。

【0046】同図に示すレジスト等形成パターンは、TEOS酸化膜4上に、カーボン膜3と、塗布型反射防止膜としてのポリサルフォンを主成分とする薄膜2と、レジスト1とを順次堆積してなっている。

【0047】ここで、カーボン膜3とポリサルフォンを主成分とする薄膜2とによって本実施の形態に係る反射防止膜5が構成されている。このレジストパターンは以下のように形成される。

【0048】まず、膜厚5000Å（Aはオングストロームを示す。以下同じ）のAl-Si膜上に形成されたTEOS酸化膜4上にカーボン膜3を形成した。カーボン膜3はAr雰囲気中でグラファイト板をターゲットとしたDCマグネトロンスパッタリング法を用いることで作成した。

【0049】形成条件は基板温度250℃、圧力 4×10^{-3} Torr、電力密度3.5W/cm²、アルゴン流量40SCCMである。なお、この形成条件で成膜を行なったカーボン膜の露光波長 $\lambda = 248$ nmでの複素屈折率は $n = 1.78$ 、消衰係数 $k = 0.68$ である。なお、ポリサルフォンを主成分とする薄膜の複素屈折率は $n = 1.78$ 、 $k = 0.24$ である。

【0050】次に、カーボン膜の膜厚の決定方法について述べる。各層での多層反射を考慮して計算したレジストとカーボン膜の界面での光反射率を図2に、カーボン膜の透過率を図3に示す。

【0051】図2はカーボン膜厚と光反射率の関係を示す図である。図3はカーボン膜厚と透過率の関係を示す図である。なお、各実施の形態における各種計算の際に必要な露光波長での複素屈折率は、分光エリブソにより測定を行った結果得られた値を用いており、まず、本実施の形態において必要な複素屈折率を図4に示す。

【0052】図4は各物質の複素屈折率を示す図である。まず、図3に示すように、カーボンの膜厚が800Å以上の時、カーボン膜厚に対して反射率が一定となっ

ている。これは、カーボン膜3中で露光の大部分が吸収され、カーボン膜3中で多重反射が起こらずカーボン膜固有の反射率を示しているためである。

【0053】ここで、カーボンの膜厚設定検討のため、カーボン膜のみを反射防止膜として設け、カーボン膜厚が800Å及び520Åの場合、カーボン膜上にレジストを膜厚5000Åで塗布し、後述する[比較例1]の方法で0.15μmのコンタクトホールパターンを形成しTEOS酸化膜の膜厚を7500~8500Åの範囲で変化させた時の開孔部の寸法変動量を測定した結果を図5に示す。

【0054】図5はカーボン膜を設けたときの0.15μmコンタクトホール寸法のTEOS酸化膜膜厚依存性を示す図である。このとき、膜中で発生した多重反射による(定在波による)寸法変動量を図5に示すように、すなわち寸法変動量は条件変動(この場合は酸化膜厚変動)に伴う被加工物の寸法変動(この場合はコンタクトホール寸法)であると定義すると、TEOS酸化膜中で発生した多重反射による寸法変動量は0.010μmで、許容範囲(0.015μm)に収まっていることが分かる。

【0055】これは、図3からも分かるようにカーボン膜の透過率は8%と低く、TEOS酸化膜中に至る光強度が無視できるほどの大きさとなるためである。以上の考察からカーボンの膜3の厚さを800Åに設定した。次に、ポリサルフォンを主成分とする膜2をカーボン膜3上に塗布し220℃で90秒間ベーキングを行った。膜厚はレジスト1と反射防止膜5との界面での光強度反射率を図6に示すように計算して反射率が極小となる300Åとした。

【0056】図6はポリサルフォンを主成分とする膜の膜厚と光反射率の関係を示す図である。以上のような方法で反射防止膜5を構成する各層の膜厚の最適化を行い、反射防止膜5上にポジ型の化学増幅型レジスト1を膜厚5000Åでスピンコーティング法により形成した。

【0057】次に、このように形成されたレジストパターンを用いた場合における半導体装置の製造プロセスの一つとして、コンタクトホール形成の場合を説明する。まず、図1に示すレジストパターンに対し、KrFエキシマレーザー光を照射して露光、ついで現像を行い、0.15μmのコンタクトホールを形成する。

【0058】このときの反射防止膜のエッチング方法について述べる。本実施形態では反射防止膜としてカーボン膜3、ポリサルフォンを主成分とする薄膜2を用いており、両者ともに有機系の物質であるため、レジストをエッチングする時と同じエッチング条件でエッチングを行うことができる。

【0059】その際、エッチング装置には平行平板型のRIE装置を用いた。ガスとしてCHF₃とO₂を2:3の割合で混ぜたものを用い、圧力、励起電力はそれぞ

れ10mTorr、1.3kW/cm²の条件でエッチングを行った。反射防止膜5のエッチング時の工程を図7に示す。

【0060】図7は本実施の形態に係るレジストパターン形成方法を適用したときのコンタクトホール作成を示す工程図である。すなわち、同図(a)のレジストパターンに対し、まず同図(b)に示すようにレジスト1のみをエッチングし、さらに同図(c)に示すように反射防止膜5をエッチングする。

【0061】ここで、エッチング時の寸法精度の問題として、反射防止膜5のエッチング終了後、レジストパターンがテーパ角を有するため、寸法変換差が生じ被加工物が所望の寸法精度に仕上がらないという問題がある。ここで、反射防止膜5のエッチング終了後、生じる寸法変換差を図7(b)、(c)に示すように定義する。すなわち、寸法変換差とは、レジスト1のエッチング終了後反射防止膜5エッチング前の寸法CD1に対する反射防止膜5エッチング終了後の寸法CD2の差を1/2したものをいう。

【0062】上記説明からわかるように、レジストと被加工物の間に介在する膜の厚み、この場合は反射防止膜5が薄いほど寸法変換差がつきにくい。本実施形態の場合、カーボン膜3とポリサルフォンを主成分とする薄膜2の膜厚は、それぞれ800Å、300Åで合計1100Åで、エッチング終了後生じた寸法変換差は0.008μmで許容範囲(0.01μm)にあることが分かった。

【0063】反射防止膜5のエッチング終了後、パターンニングされたレジスト1と反射防止膜5をエッチングマスクとしTEOS酸化膜4のエッチングを行なった。その際、エッチング装置には平行平板型のRIE装置を用いた。ソースガスとしてC₃F₈を用い、圧力、励起電力、RF周波数はそれぞれ10mTorr、1.3kW/cm²、13.56MHzの条件でエッチングを行った。

【0064】この時のTEOS酸化膜4の開孔部の直径は0.165μmで、規格内の寸法で被加工物の加工を行なうことができた。次に、上記パターンニング・エッチング方法を用い、TEOS酸化膜4の膜厚を5000Åに固定し、図8に示すようにレジスト1の膜厚を4500~5500Åの範囲で変化させた時の寸法変動量の測定を行った。

【0065】図8は本実施の形態に係るレジストパターン形成方法を適用したときのコンタクトホールの寸法変動を示す図である。同図に示すように、本実施の形態の方法によれば、寸法変動量は0.012μmで許容範囲内(0.015μm)に収まっており、レジスト膜中で発生する多重反射を抑えることができた。なお、比較のため、後述する[比較例2]で述べる反射防止膜として800Åのカーボン膜のみを用いた場合を同図に示す。

【0066】以下、本発明の各実施の形態及び各比較例での反射防止膜、TEOS酸化膜をエッチングする際の条件は、エッチング時間を除いて上述した本発明の第1の実施の形態と同様である。

【0067】次に、本実施の形態による方法を評価するために、従来技術を用いた比較例について説明する。

〔比較例1〕実施形態におけるカーボン膜厚最適化判断を行うための比較例として、膜厚520Åのカーボン膜上に膜厚5000Åのレジストを形成した場合について述べる。これは、上述した図5の結果を出すための実験である。

【0068】まず、図2から光反射率はカーボン膜厚が520Åの時、最少となることが分かる。これは、下地基板と反射防止膜との界面で反射した光とレジストと反射防止膜との界面で反射した光が反射防止膜による露光の吸収と位相の反転により打ち消されたためである。

【0069】この時、レジストに再入射する光強度の大きさが最少となるために、レジスト中に発生する多重反射も最少に抑えられ、レジストの膜厚変動に対する寸法変動を抑えることが可能となる。

【0070】しかしながら、図3からカーボンの膜厚が520Åの時、カーボン膜の透過率は26%と高い。次に、TEOS酸化膜の膜厚を7500~8500Åの範囲で変化させた時の0.15μmのコンタクトホールパターンの寸法変動量の測定を行った。

【0071】測定結果を図5に示す。寸法変動量は0.020μmで、許容範囲(0.015μm)を越えている。これは、カーボンの膜厚が520Åの場合はカーボンの透過率が高く、TEOS酸化膜中で多重反射が発生しておりレジストパターンがTEOS酸化膜の膜厚変動の影響を受けやすくなっているためである。

【0072】また、同様な条件でカーボンの膜厚が800Åのときの結果では、寸法変動量が小さくなっている。これにより、上述したように、最適なカーボンの膜厚の判断を行った。

【0073】〔比較例2〕第1の実施の形態に対する比較例として、膜厚800Åのカーボン膜上にレジストを塗布した場合について述べる。これは上述した図8の結果を出すための実験である。

【0074】レジストの膜厚を4500~5500Åの範囲で変化させ、0.15μmのコンタクトホールパターンの寸法変動量の測定を行った。測定結果を図8に示す。レジスト膜中で多重反射が起こっているため寸法変動量が0.020μmと大きく、許容範囲(0.015μm)を越えている。これは、カーボン膜の膜厚が800Åの時は図2から光反射率は5%と高く、レジスト膜中で発生した多重反射が抑えられていないためである。

【0075】〔比較例3〕第1の実施の形態に対する比較例としてポリサルフォンを主成分とする反射防止膜のみを直接TEOS酸化膜上に形成した場合について述べ

る。

【0076】本発明の第1の実施の形態での考察から、TEOS酸化膜の膜厚変動がレジストプロファイルに与える影響を防ぐには、ポリサルフォンを主成分とする反射防止膜の膜厚をレジストと反射防止膜との界面での反射率が固有の反射率を示す膜厚に設定し、被加工物内に光が達しないようにすればよいことが分かる。

【0077】レジストと反射防止膜との界面での反射率を反射防止膜の膜厚に対して計算した結果を図9に示す。図9はレジストと反射防止膜との界面での反射率をポリサルフォンを主成分とする膜のみからなる反射防止膜の膜厚に対して計算した結果を示す図である。

【0078】同図から2500Å以上の膜厚に設定すれば固有の反射率を示しており、また、この時、レジストと反射防止膜との界面での反射率もほとんど無視できる大きさとなっていることが分かる。

【0079】TEOS酸化膜とレジストの膜厚変動に対するレジストパターンの寸法変動を測定したところ、それぞれ0.012μm、0.014μmでいずれも許容範囲(0.015μm)にあることが分かった。しかしながら、反射防止膜の膜厚が2500Åと厚いため、本発明の第1の実施の形態と同じエッチング条件で反射防止膜のエッチングを行ったところ寸法変換差が0.015μmで、許容範囲(0.01μm)を越えており所望の寸法で被加工物の加工ができなかった。

【0080】かくして、上述したように本発明の第1の実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、消衰係数の高いカーボン膜によりTEOS酸化膜に入射する光強度を抑え、消衰係数がカーボン膜よりは低いポリサルフォンを主成分とする反射防止膜をカーボン膜上に形成することでカーボン膜からレジスト膜中へ反射する光強度を抑えるようにしたので、つまり、レジスト~反射防止膜界面の反射を押さえ、かつレジストから被加工物に向かって消衰係数が増大するようにしたので、TEOS酸化膜とレジストの膜厚変動に対して影響を受けない寸法制御性のよいレジストパターンを得ることが可能となった。

【0081】なお、ポリサルフォンを主成分とする反射防止膜のみを被加工物上に形成しても膜中で発生する多重反射は抑えられるが、本実施形態によれば約2分の1の膜厚でこれらの条件を満たすことができるため、反射防止膜のエッチング加工時に生じる寸法変換差をより小さくすることができる。

【0082】すなわち本実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、被加工物からの反射光の抑制が従来より薄い反射防止膜の膜厚で可能にすることができるので、レジスト膜厚の変動、被加工物の種類や膜厚に依存しないレジストパターンを得ることができ、かつ反射防止膜のエッチング時に生じる寸法変換差を小さくすることができる。また、エッチング時のレジスト削れを防止

することができる。

【0083】これにより、規格内の寸法で被加工物の加工を行なうことができる。また、レジスト及び被加工物の膜厚変動に伴うレジスト寸法の変動、ハーレーション、レジストパターンの側壁の波打ち形状等を防ぐことができる。

【0084】なお、本実施の形態のレジストパターン形成方法において、レジスト～反射防止膜界面の反射防止膜側の複素屈折率をそのレジスト側への光強度反射率が極小になるように調整すれば、より一層確実に、レジスト膜厚の変動、被加工物の種類や膜厚に依存しないレジストパターンを得ることができる。

【0085】また、以下の実施形態2～5とその比較例においてレジスト膜、及びTEOS酸化膜中で発生した多重反射による寸法変動量の許容範囲は、コンタクトホール直径0.15 μ mの10%である0.015 μ mとし、反射防止膜のエッチング後に生じる寸法変換差の許容範囲は約3%である0.01 μ mとした。また、実施形態2～5においては、本実施例と同様に膜厚500ÅのAl-Si膜上にTEOS酸化膜、レジストを形成し、エキシマレーザー光で0.15 μ mのコンタクトホールを形成する。

【0086】また、何れの実施例でもレジストの膜厚を変化させた時はTEOS酸化膜の膜厚は8000Åで固定し、TEOS酸化膜の膜厚を変化させた時はレジストの膜厚は5000Åで固定して、ホール寸法を測長した。

(発明の第2の実施の形態) 本実施の形態に係るレジストパターン形成方法においては、その反射防止膜として2種類の塗布型反射防止膜を露光波長に対して透明な膜上に形成する。

【0087】本実施の形態に係るレジスト等形成パターンは、TEOS酸化膜上に、反射防止膜としてのノボラックを主成分とする膜及びポリサルフォンを主成分とする膜を設け、さらにその上にレジストを塗布してなっている。

【0088】以下、各膜の形成について説明する。まず、被加工物であるTEOS酸化膜上にノボラックを主成分とする膜を膜厚1100Åで塗布し320℃で3分間ベーキングを行った。高温ベーキングした後のノボラックを主成分とする薄膜の露光波長 $\lambda=248$ nmでの複素屈折率は $n=1.72$ 、 $k=0.46$ である。

【0089】次に、ポリサルフォンを主成分とする膜を膜厚250Åで塗布し220℃でベーキングを行った。なお、ポリサルフォンを主成分とする薄膜の複素屈折率は $n=1.78$ 、 $k=0.24$ である。

【0090】以上の方法で形成した2層の膜からなる反射防止膜上にレジストを塗布し、KrFエキシマレーザー光で露光、ついで現像を行い、0.15 μ mのコンタクトホールパターンを形成した。

【0091】なお、ノボラックを主成分とする薄膜、ポリサルフォンを主成分とする薄膜の膜厚の決定方法は、本発明の第1の実施の形態の場合と同様に行った。レジストの膜厚を4500～5500Å、TEOS酸化膜の膜厚を7500～8500Åの範囲で変化させたときのホールパターンの寸法変動量と反射防止膜エッチング加工跡の寸法変換差を図10に示す。

【0092】図10は本実施の形態のレジストパターン形成方法を用いた場合及び用いない場合の各加工寸法を比較する図である。

〔比較例4〕本実施の形態に対する比較例として、反射防止膜としてポリサルフォンを主成分とする薄膜のみを用いた場合とノボラックを主成分とする薄膜のみを用いた場合の寸法変動量と寸法変換差を図10に示す。

【0093】それぞれの膜厚はレジスト膜内、又はTEOS酸化膜内での多重反射の大きさが小さくなるように最適化してある。表で寸法変動量、および寸法変換差が許容範囲(0.015 μ m)に収まっている数値については○印を、許容範囲外のものについては×印をつけてある。

【0094】かくして、上述したように本発明の第2の実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、TEOS酸化膜上に、消衰係数 $k=0.46$ のノボラックを主成分とする膜と、消衰係数 $k=0.24$ のポリサルフォンを主成分とする膜を順次塗布して、レジスト～反射防止膜界面の反射を押さえ、かつレジストから被加工物に向かって消衰係数が増大するようにしたので、TEOS酸化膜とレジストの膜厚変動に対して影響を受けない寸法制御性のよいレジストパターンを得ることができ、第1の実施の形態と同様な効果を得ることができる。

(発明の第3の実施の形態) 本実施の形態に係るレジストパターン形成方法においては、カーボン膜を成膜する際に成膜途中に基板温度を変化させることによって、膜厚放光で消衰係数の分布をもたせた反射防止膜を露光波長に対して透明な被加工物上に形成する。

【0095】本実施の形態に係るレジスト等形成パターンは、TEOS酸化膜上に、連続的に複素屈折率(消衰係数等)の変化する反射防止膜としてのカーボン膜を設け、さらにその上にレジストを塗布してなっている。

【0096】まず、CVD成膜法でカーボン膜の成膜を行う場合、成膜時の基板温度により複素屈折率が基板温度により著しく変化する。成膜時の形成条件であるエチレンとアルゴンの流量比をそれぞれ40SCCM、80SCCM、励起周波数を13.56MHz、真空度を 2×10^{-3} Torrに固定し、基板温度を室温から350℃まで変えて生成したカーボン膜の成膜を行い、露光波長 $\lambda=248$ nmでの複素屈折率の測定を行った結果を図11に示す。

【0097】図11はカーボン膜の露光波長 $\lambda=248$ nmでの複素屈折率の基板温度依存性を示す図である。

同図によれば基板温度を時間と共に下げれば、被加工物との界面側からレジストとの界面側に向かってカーボン膜の消衰係数を徐々に下げることが可能であることが分かる。そこで、図12のように基板温度を時間に対して変化させ、TEOS酸化膜上にカーボン膜の堆積を行い、カーボン膜の膜厚方向にレジスト側からTEOS酸化膜に向かって消衰係数が増大するように消衰係数に分布を持たせた。

【0098】図12は本実施の形態に係るレジストパターン形成方法における温度条件を示す図である。なお、カーボン膜の堆積速度は基板温度には依存せず100A/minである。

【0099】以上の方法で形成されたカーボン膜上にレジストを塗布し、KrFエキシマレーザー光で露光、ついで現像を行い、0.15μmのコンタクトホールパターンを形成した。

【0100】レジストの膜厚を4500～5500A、TEOS酸化膜の膜厚を7500～8500Aの範囲で変化させたときのホールパターンの寸法変動量とカーボン膜エッチング加工後の寸法変換差を図13に示す。

【0101】図13は本実施の形態のレジストパターン形成方法を用いた場合及び用いない場合の各加工寸法を比較する図である。

〔比較例5〕実施例に対する比較例として基板温度を25℃に固定した時と350℃に固定した時の寸法変動量と寸法変換差を図13に示す。それぞれの場合での反射防止膜の膜厚は、レジスト膜内、又はTEOS酸化膜内での多重反射の大きさが小さくなるように最適化してある。図13で寸法変動量、および寸法変換差が許容範囲内に収まっている数値については○印を、許容範囲外のものについては×印をつけてある。

【0102】かくして、上述したように本発明の第3の実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、カーボン膜中でレジストとの界面側から被加工物との界面側に向かって連続的に消衰係数を増大させたので、図13に示すように、より薄い反射防止膜の膜厚でレジスト膜厚、TEOS酸化膜の膜厚に対するレジストパターンの寸法変動量を許容範囲内に収めることができ、寸法変換差も許容範囲内に収めることができる。

【0103】その結果、規格内の寸法で被加工物の加工を行なうことができる。また、反射防止膜を多層構造にすることなく、上記効果を得ることができ、この方法によれば、少なくとも多層構造にする弊害を排除しているものと考えられる。なお、第1、第2の実施形態において本実施形態と同等の加工精度を得ている理由は、レジスト側の膜にも露光光に対する吸収性のある膜を用いていることから、反射防止膜を層間の反射を吸収しているためと考えられる。

（発明の第4の実施の形態）本実施の形態に係るレジストパターン形成方法においては、SiN膜を成膜する際

に成膜途中でガスの流量をさせることによって、膜厚方向で消衰係数に分布をもたせたSiN膜を露光波長に対して透明な被加工物上に反射防止膜として形成する。

【0104】本実施の形態に係るレジスト等形成パターンは、TEOS酸化膜上に、連続的に複素屈折率（消衰係数等）の変化する反射防止膜としてのSiN膜を設け、さらにその上にレジストを塗布してなっている。

【0105】まず、Siをターゲットとし基板温度250℃、真空度 6×10^{-4} Torr、電力密度3.5kW/cm²、アルゴンガスの流量を40SCCMとした時、生成させるSi_xN_{1-x}膜の窒素ガスの流量に対する露光波長λ=248nmに対する複素屈折率の変化を分光エリプソにより測定した結果を図14に示す。

【0106】図14はSi_xN_{1-x}膜の窒素ガスの流量に対する露光波長λ=248nmに対する複素屈折率の変化を示す図である。同図によれば窒素ガスの流量を増大させれば消衰係数が減衰し、膜の透明度が増すことが分かる。

【0107】そこで、始めの11分間は窒素ガスの流量を50SCCMとし複素屈折率がn=2.15、k=0.92の膜を400Aの膜厚で成膜し、さらに4分間窒素ガスの流量を120SCCMとし複素屈折率がn=2.05、k=0.12の膜を200Aの膜厚で、膜厚8000Aの被加工物であるTEOS酸化膜上に成膜した。以上のように形成された反射防止膜上にレジストを塗布し、KrFエキシマレーザー光で露光、ついで現像を行い0.15μmのコンタクトホールパターンを形成した。

【0108】レジストの膜厚を4500～5500A、TEOS酸化膜の膜厚を7500～8500Aの範囲で変化させたときのホールパターンの寸法変動量とSi_xN_{1-x}膜エッチング加工後の寸法変換差を図15に示す。

【0109】図15は本実施の形態のレジストパターン形成方法を用いた場合及び用いない場合の各加工寸法を比較する図である。

〔比較例6〕本実施の形態に対する比較例として、アルゴンガス、窒素の流量をそれぞれ40SCCM、50SCCMに固定設定した場合の寸法変動量と寸法変換差を図15に示す。それぞれの場合での反射防止膜の膜厚は、レジスト膜内、又はTEOS酸化膜内での多重反射の大きさが小さくなるように最適化してある。図15で寸法変動量、および寸法変換差が許容範囲内である0.015μm以内に収まっている数値については○印を、許容範囲外のものについては×印をつけてある。

【0110】かくして、上述したように本発明の第4の実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、Si_xN_{1-x}膜中でレジスト側から被加工物側に向かって消衰係数を連続的に増大させたので、図15に示すように、より薄い反射防止膜の膜厚でレジスト膜厚、TEO

S酸化膜の膜厚に対するレジストパターンの寸法変動量を許容範囲内に収めることができ、寸法変換差も許容範囲内に収めることができる。

【0111】その結果、所望の寸法に被加工物の加工を行なうことができる。

(発明の第5の実施の形態) 本実施の形態に係るレジストパターン形成方法においては、紫外光の照射処理を行なうことで膜厚方向で消衰係数の分布をもたせた反射防止膜を露光波長に対して透明な被加工物上に形成する。

【0112】本実施の形態に係るレジスト等形成パターンは、第4の実施の形態の場合と同様に、TEOS酸化膜上に、連続的に複素屈折率(消衰係数等)の変化する反射防止膜としてのSiN膜を設け、さらにその上にレジストを塗布してなっている。

【0113】以下、各膜及びコンタクトホール形成について説明する。まず、シリコンをターゲットしたDCスパッタリング装置を用いて、 $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 膜の成膜を行なった。基板温度 250°C 、真空度 $6 \times 10^{-4}\text{Torr}$ 、電力密度 3.5 kW/cm^2 、アルゴンガス、窒素の流量をそれぞれ 40 SCCM 、 50 SCCM に設定し、TEOS酸化膜上に膜厚 400 \AA で堆積を行なった。この形成条件での露光波長 $\lambda = 248\text{ nm}$ での複素屈折率は屈折率 $n = 2.05$ 、消衰係数 $k = 0.92$ である。

【0114】次に、 150°C でベーキングを行いながら高圧水銀灯で1分間の紫外線の照射を行い、 $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 膜の表面を酸化させ消衰係数を低下させた。分光エリプソで複素屈折率を測定を行い、表面の酸化が起こった反射防止膜を2層構造とし解析を行なったところ、表面から 200 \AA までの複素屈折率に変化が見られ、屈折率 $n = 2.15$ 、消衰係数 $k = 0.12$ となっていることが分かった。

【0115】紫外線を照射した $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 膜上にレジストを塗布し、KrFエキシマレーザー光で露光、ついで現像を行い $0.15\text{ }\mu\text{m}$ のコンタクトホールパターンを形成した。レジストの膜厚を $4500 \sim 5500\text{ \AA}$ 、TEOS酸化膜の膜厚を $7500 \sim 8500\text{ \AA}$ の範囲で変化させたときのホールパターンの寸法変動量と $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 膜エッチング加工後の寸法変換差の結果として、第4の実施の形態の結果を示す図15と同様なものが得られた。

【0116】かくして、上述したように本発明の第5の実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、 $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 膜中でレジスト側から被加工物側に向かって消衰係数を連続的に増大させたので、より薄い反射防止膜の膜厚でレジスト膜厚、TEOS酸化膜の膜厚に対するレジストパターンの寸法変動量を許容範囲内に収めることができ、寸法変換差も許容範囲内に収めることができる。

(発明の第6の実施の形態) 本実施の形態に係るレジ

ストパターン形成方法においては、その反射防止膜として2層の反射防止膜を露光波長に対して高反射な被加工物上に形成する。

【0117】本実施の形態に係るレジスト等形成パターンは、光反射率の高いAl-Si膜上に、露光波長に対する吸収率の高いTiN膜を設け、さらにTiN膜上にポリサルフォンを主成分とする膜を設け、当該TiN膜及びポリサルフォンを主成分とする膜を反射防止膜とし、その上にレジストを塗布してなっている。

【0118】以下、各膜及びラインアンドスペースの形成について説明する。まず、膜厚 5000 \AA のAl-Si膜上にTiN膜を、窒素雰囲気中でTi板をターゲットとしたDCマグネトロンスパッタリング法を用いることで作成した。形成条件は、基板温度 250°C 、圧力 $4 \times 10^{-3}\text{ Torr}$ 、電力密度 3.5 W/cm^2 、アルゴン流量 40 SCCM 、窒素流量 50 SCCM である。

【0119】次に、前記膜上にポリサルフォンを主成分とする薄膜を塗布し、 225°C で90秒間ベーキングを行った。次に、レジストを塗布しKrFエキシマレーザー光で露光、次いで現像を行いライン寸法 $0.15\text{ }\mu\text{m}$ のラインアンドスペースパターンを形成した。

【0120】ここで、TiN膜と有機膜の膜厚の決定方法について述べる。レジストと有機膜との界面からレジスト側に戻る光強度反射率を多重反射を考慮し、TiN膜と有機膜(ポリサルフォンを主成分とする膜)との膜厚に対して計算をした結果を図16に示す。

【0121】図16は本実施の形態に係るレジストパターン形成方法に用いる反射防止膜におけるレジストと有機膜との界面からレジストに戻る光強度反射率を示す図である。

【0122】ここで、各層の露光波長に対する複素屈折率には、分光エリプソにより測定した図4の値を用いた。なお、なお、ポリサルフォンを主成分とする薄膜の複素屈折率は $n = 1.78$ 、 $k = 0.24$ である。

【0123】図16によればTiN膜の膜厚を 150 \AA 、有機膜の膜厚を 400 \AA にすれば反射率は 0.3% で極小になることが分かった。従って、TiN膜の膜厚は 200 \AA 、有機膜の膜厚は 400 \AA に決定した。

【0124】レジストの膜厚を $4500 \sim 5500\text{ \AA}$ の範囲内で変化させレジスト寸法を測定した結果、レジスト膜中に発生した多重反射による寸法変動量は $0.004\text{ }\mu\text{m}$ で許容範囲($0.018\text{ }\mu\text{m}$)以内にあることが分かった。レジストと反射防止膜との界面での光反射率が十分に抑えられているため、レジスト寸法がレジスト膜厚に対してほとんど変化しないことがわかる。

【0125】[比較例7] 本実施の形態に対する比較例として、TiN膜上に露光波長に対して透明性が高い膜を形成した場合について述べる。本実施形態と同じ形成条件で膜厚 200 \AA のTiN膜をAl-Si膜上に形成した。

【0126】次に、膜厚150ÅのSiN膜を窒素不雰囲気中でTi板をターゲットとしたDCマグネトロンスパッタリング法を用いることで作成した。形成条件は、基板温度250℃、圧力 4×10^{-3} Torr、電力密度 3.5 W/cm^2 、アルゴン流量40SCCM、窒素流量70SCCMである。この形成状態で形成したSiN膜の露光波長での複素屈折率は $n=2.10$ 、 $k=0.003$ で露光波長に対して透明である。

【0127】次に、TiN膜とSiN膜の膜厚の決定方法について述べる。レジストとSiN膜との界面からのレジスト側に戻る反射率を、多重反射を考慮し、SiN膜とTiN膜の膜厚に対して計算した結果を図17に示す。

【0128】図17はTiN膜とSiN膜からなる反射防止膜における各膜厚に対するレジストとSiN膜との界面からレジスト側に戻る光強度反射率を示す図である。同図によればTiN膜の膜厚を200Å、SiN膜の膜厚を300Å程度の時、反射率が2~4%で極小となることが分かった。従って、TiN膜とSiN膜の膜厚はそれぞれ200Å、150Åとした。

【0129】次いで、実施例と同様の方法で直径0.15μmのラインアンドスペースパターンを形成した。そして、レジストの膜厚を4500~5500Åの範囲内で変化させ、レジスト寸法を測定した結果、多重反射による寸法変動量は0.020μmで許容範囲(0.018μm)を越えることが分かった。

【0130】本比較例からTiN膜上に露光波長に対して透明性の高い膜を形成した場合、吸収性のある膜を形成した場合と比較して反射の抑制効果は小さいことが分かる。

【0131】かくして、上述したように本発明の第6の実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、レジストと反射防止膜との界面における当該反射防止膜を、露光波長に対して吸収性を有し、かつ界面での露光光反射を防止する消衰係数を有するポリサルフォンを主成分とする薄膜とし、さらに、被加工物側に、このポリサルフォンを主成分とする薄膜よりも露光波長に対する吸収性が高い膜であるTiN膜を設けたので、上記第1、第2の実施の形態と同様な効果を得ることができる他、反射膜全体としてより一層露光光の吸収を行うことができる。

【0132】このため、反射防止膜全体をより薄くすることができ、一層確実に、レジストパターンの寸法変動量を許容範囲内に収めることができ、寸法変換差も許容範囲内に収めることができる。

【0133】なお、図16と図17との比較からわかることであるが、露光波長に対して吸収性のある膜(本実施の形態ではポリサルフォン系樹脂)をレジストの直下に用いた方が、露光波長に対して透明な膜(本実施の形態ではSiN膜)をレジストの直下に形成した場合と比

べて、反射防止膜の膜厚変動に対する反射率の変化が小さい。

【0134】したがって、本発明の第6の実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、露光波長に対して吸収性を有する膜をレジスト側に設け、さらに、被加工物側に、この膜よりも露光波長に対する吸収性が高い膜を設けて反射防止膜としたので、反射防止膜の膜厚に依存しないレジストパターンを得ることができる。

【0135】これにより、半導体装置を高歩留まりでかつ安定して製造することが可能となる。さらに、本発明の第6の実施の形態のレジストパターン形成方法によれば、上記ポリサルフォンを主成分とする薄膜の厚さとTiN膜の厚さの組み合わせの中で、露光光のレジスト側への戻りが極小となり、かつ、反射防止膜全体の厚さを最も薄くする組み合わせを選択したので、上記各効果をより一層確実にそうすることができる。

【0136】また、上記各実施の形態は、コンタクトホールやラインアンドスペースの形成を例にとりて、本発明に係るレジストパターン形成方法を説明したが、このように、当該レジストパターン形成方法を用いた半導体装置の製造方法を実現することができる。

【0137】さらに、本発明は、上記各実施の形態に限られない。すなわち、例えば露光光源はKrFエキシマレーザー光に限られることはなく、フォトリソを感光することができる光源であれば何れでもよい。

【0138】また、パターン形状はコンタクトホールやラインアンドスペースに限定されることなく、本発明の主旨を逸脱しない限り何にでも適用できる。また、実施例では被加工物からの反射を抑えた結果、レジストと被加工物の膜厚変動に伴うレジストパターンの寸法変動の抑制効果について述べたが、側壁角の波打ち形状の低減、DOFの向上、ハーレーションの抑制にも効果がある。

【0139】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、反射防止膜中の消衰係数を被加工物に向かって増大するように調整したので、被加工物側からレジスト側への露光光の反射を極力押さえ、かつ、反射防止膜全体での露光光吸収効率を高くして反射防止膜を十分に薄くすることを可能とし、これらにより被加工物の加工精度の高いレジストパターン形成方法及びそのレジストパターン形成方法を用いた半導体装置の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るレジストパターン形成方法を適用したレジストパターンの一例を示す構成図。

【図2】カーボン膜厚と光反射率の関係を示す図。

【図3】カーボン膜厚と透過率の関係を示す図。

【図4】各物質の複素屈折率を示す図。

【図5】カーボン膜を設けたときの0.15 μ mコンタクトホール寸法のTEOS酸化膜膜厚依存性を示す図。

【図6】ポリサルフォンを主成分とする膜の膜厚と光反射率の関係を示す図。

【図7】本実施の形態に係るレジストパターン形成方法を適用したときのコンタクトホール作成を示す工程図。

【図8】本実施の形態に係るレジストパターン形成方法を適用したときのコンタクトホールの寸法変動を示す図。

【図9】レジストと反射防止膜との界面での反射率をポリサルフォンを主成分とする膜のみからなる反射防止膜の膜厚に対して計算した結果を示す図。

【図10】本発明の第2の実施の形態のレジストパターン形成方法を用いた場合及び用いない場合の各加工寸法を比較する図。

【図11】カーボン膜の露光波長 $\lambda=248$ nmでの複素屈折率の基板温度依存性を示す図。

【図12】本発明の第3の実施の形態に係るレジストパターン形成方法における温度条件を示す図。

【図13】同実施の形態のレジストパターン形成方法を

用いた場合及び用いない場合の各加工寸法を比較する図。

【図14】 $\text{Si}_x\text{N}_{1-x}$ 膜の窒素ガスの流量に対する露光波長 $\lambda=248$ nmに対する複素屈折率の変化を示す図。

【図15】本発明の第4の実施の形態のレジストパターン形成方法を用いた場合及び用いない場合の各加工寸法を比較する図。

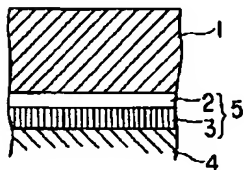
【図16】本発明の第6の実施の形態に係るレジストパターン形成方法に用いる反射防止膜におけるレジストと有機膜との界面からレジストに戻る光強度反射率を示す図。

【図17】TiN膜とSiN膜からなる反射防止膜における各膜厚に対するレジストとSiN膜との界面からレジスト側に戻る光強度反射率を示す図。

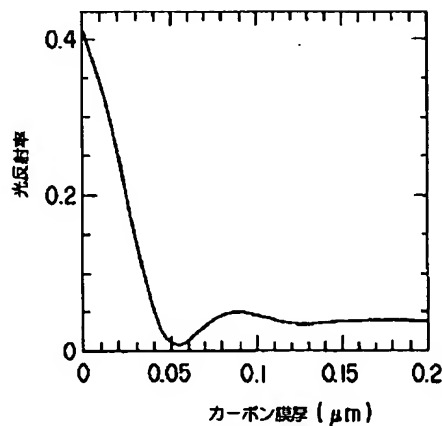
【符号の説明】

1…レジスト、2…ポリサルフォンを主成分とする薄膜、3…カーボン膜、4…TEOS酸化膜、5…反射防止膜。

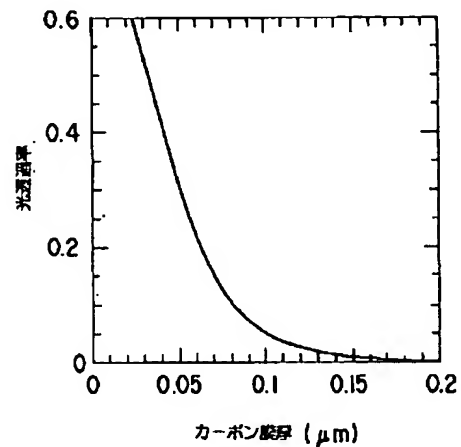
【図1】



【図2】



【図3】

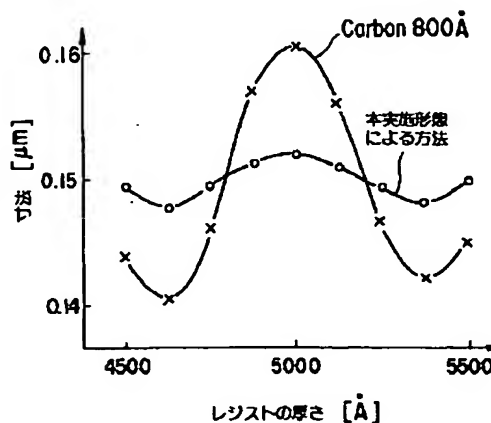


【図4】

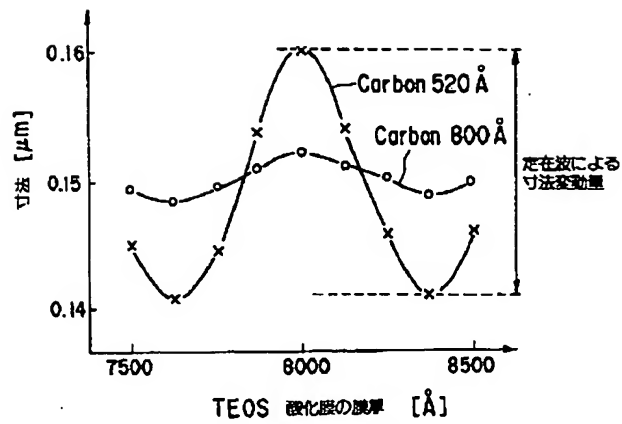
露光波長（ $\lambda=248$ nm）での複素屈折率

	n	k
TiN膜	2.35	1.57
Al-Si膜	0.19	2.35
TEOS膜	1.52	0
レジスト	1.78	0.02

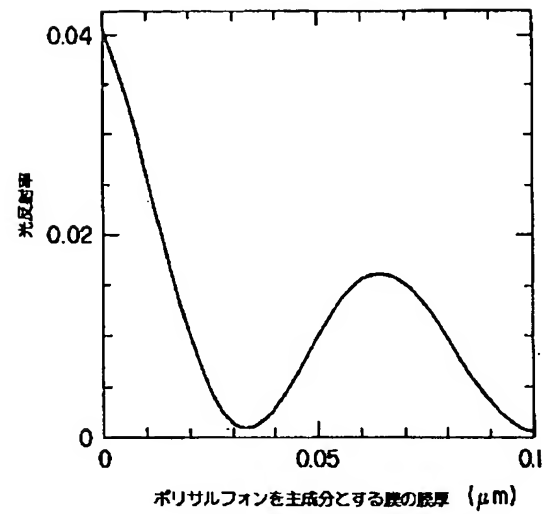
【図8】



【図5】

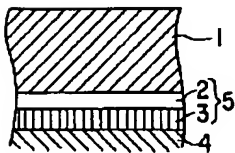


【図6】



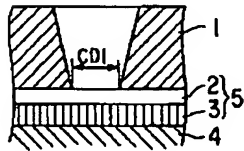
【図7】

(a)

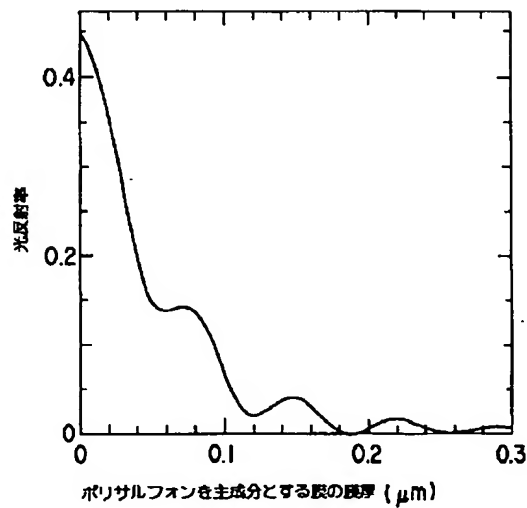


【図9】

(b)



(c)

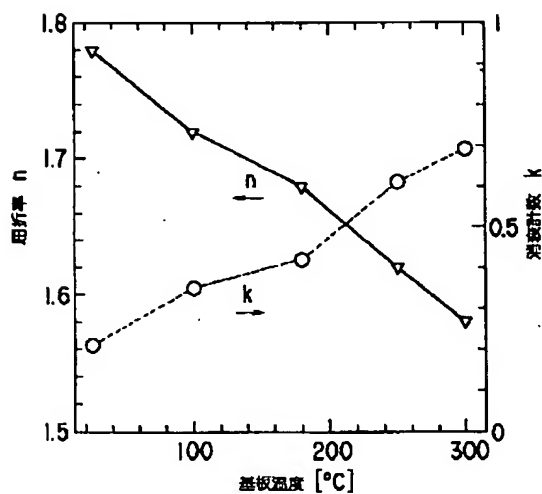


【図10】

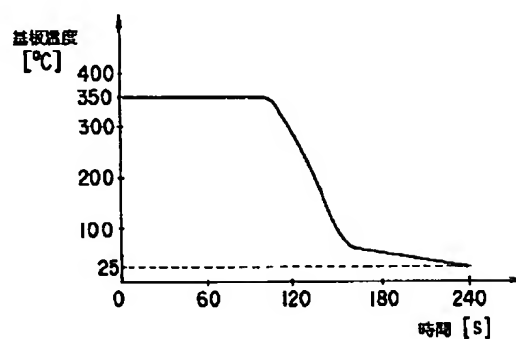
本発明による第2の実施形態による場合とよい場合との比較

	レジスト膜厚変動に 対する寸法変動量 [μm]	TEOS酸化膜厚変動に 対する寸法変動量 [μm]	最適反射防止膜厚 [A]	寸法変換差 [μm]
本実施形態による場合	0.010 ○	0.013 ○	1350	0.007 ○
ポリサルフォンを主成分とする膜のみ	0.012 ○	0.013 ○	2500	0.012 ×
ノボラックを主成分とする膜のみ	0.020 ×	0.014 ○	1100	0.008 ○

【図11】



【図12】

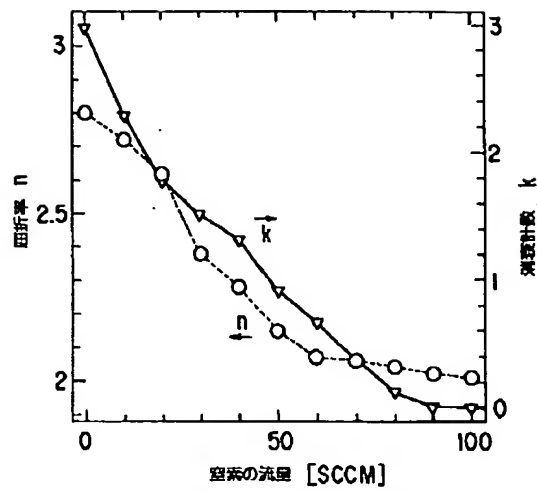


【図13】

本発明による第3の実施形態による場合とよい場合との比較

	レジスト膜厚変動に 対する寸法変動量 [μm]	TEOS酸化膜厚変動に 対する寸法変動量 [μm]	最適反射防止膜厚 [A]	寸法変換差 [μm]
本実施形態による場合	0.010 ○	0.012 ○	1350	0.007 ○
基板温度を25°Cに固定した膜	0.009 ○	0.011 ○	5000	0.021 ×
基板温度を300°Cに固定した膜	0.021 ×	0.012 ○	850	0.008 ○

【図14】

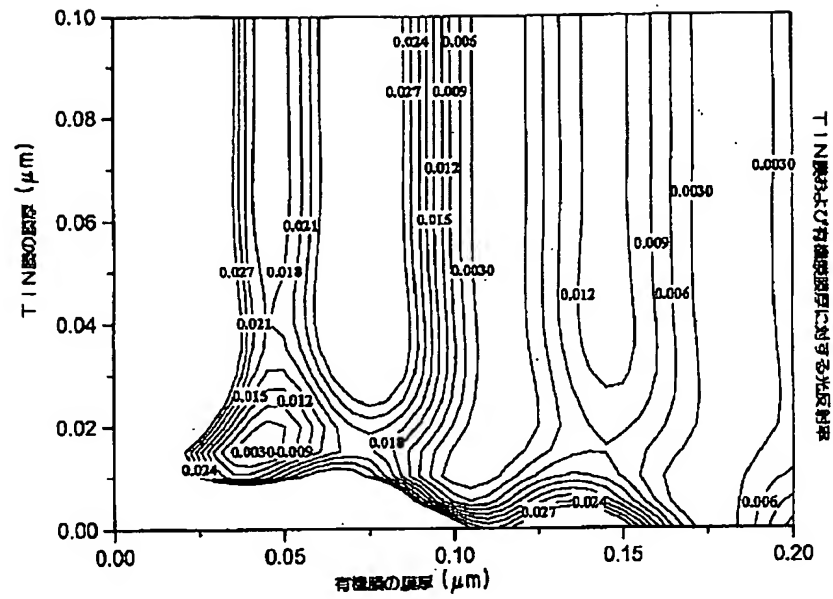


【図15】

本発明による第4の実施形態による場合とような場合との比較

	レジスト膜厚変動に 対する寸法変動量 [μm]	TEOS酸化膜厚変動に 対する寸法変動量 [μm]	最薄反射防止膜厚 [Å]	寸法変動差 [μm]
本実施形態による場合	0.012 ○	0.014 ○	800	0.007 ○
空気がス流を固定し 膜厚変動率を変化させ ない場合	0.024 ×	0.013 ○	400	0.008 ○

【図16】



【図17】

